

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-332686

(P2000-332686A)

(43) 公開日 平成12年11月30日 (2000. 11. 30)

(51)IntCl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-コ-ト*(参考)		
H 0 4 B	10/08	H 0 4 B	9/00	K	5 K 0 0 2
	3/46		3/46	G	5 K 0 3 1
H 0 4 J	14/00		17/00	G	5 K 0 4 2
	14/02		9/00	E	
H 0 4 B	17/00	H 0 4 L	11/00	3 3 0	
審査請求 有 請求項の数11 O L (全 12 頁) 最終頁に続く					

(21) 出願番号 特願平11-135436

(22) 出願日 平成11年5月17日 (1999. 5. 17)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 上原 大輔

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100082935

弁理士 京本 直樹 (外2名)

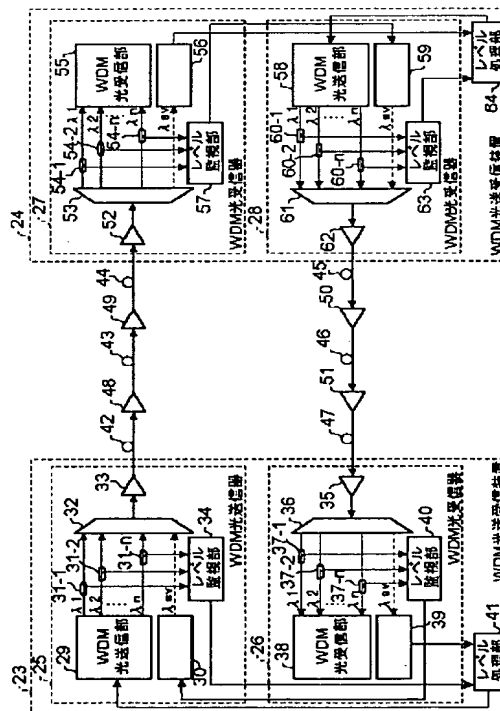
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光伝送装置、光伝送システム及び光伝送方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 WDM光伝送システムの受信端で各波長光のパワーレベルを均一とすることが可能な光伝送装置、光伝送システムを提供する。

【解決手段】 伝送されてきたWDM光信号の各波長のパワーレベルを受信端でモニタし、その結果を監視光信号に格納して、送信側に返送する。送信側では監視光信号から知った、受信端でのパワーレベルのばらつきを補正するように送信する各波長光のパワーを制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 互いに異なる波長を有する少なくとも 1 つの主光信号と監視光信号を含む波長多重光を送受信する光伝送装置であって、

前記光伝送装置は、

光受信端子を介して入力される受信波長多重光に含まれる前記少なくとも 1 つの主光信号の各々の光パワーを監視し、その結果を受信レベル監視信号として出力するレベル監視部と、

前記受信波長多重光に含まれる前記監視光信号を受信し、前記監視光信号に含まれる送信レベル監視信号に基づき生成された制御信号を出力する監視光信号受信部と、

前記制御信号に基づき各々の光パワーが調整された前記少なくとも 1 つの主光信号、及び前記受信レベル監視信号を含む変調信号により変調を施された前記監視光信号、を含む送信波長多重光を光送信端子から出力する波長多重光源とを備えていることを特徴とする光伝送装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の光伝送装置であって、前記監視光信号受信部は、さらに前記送信波長多重光に含まれる前記少なくとも 1 つの主光信号の各々の光パワーを監視し、該光パワーと前記送信レベル監視信号とを比較することを特徴とする光伝送装置。

【請求項 3】 請求項 1 記載の光伝送装置であって、前記変調信号は、データフレームからなり、該データフレームを構成する各タイムスロットに、前記受信レベル監視信号が前記少なくとも 1 つの主光信号毎に格納されることを特徴とする光伝送装置。

【請求項 4】 請求項 1 記載の光伝送装置であって、前記レベル監視部は、前記受信波長多重光を各波長成分に分離する光分波器を備えていることを特徴とする光伝送装置。

【請求項 5】 第 1 及び第 2 の光伝送装置が光伝送路で接続された光伝送システムであって、

前記第 1 及び第 2 の光伝送装置の各々は、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかの請求項に記載された光伝送装置を備えていることを特徴とする光伝送システム。

【請求項 6】 請求項 5 記載の光伝送システムであって、

前記光伝送路は、両端に第 1 及び第 2 の光サーキュレータの第 1 の入出力端子が各々接続された単一の光ファイバ伝送路であって、

前記第 1 の光伝送装置の前記光送信端子及び前記光受信端子が、それぞれ前記第 1 の光サーキュレータの第 2 及び第 3 の入出力端子に接続され、

前記第 2 の光伝送装置の前記光送信端子及び前記光受信端子が、それぞれ前記第 2 の光サーキュレータの第 2 及び第 3 の入出力端子に接続されていることを特徴とする光伝送システム。

【請求項 7】 互いに異なる波長を有する複数の主光信号と監視光信号を各々含む第 1 及び第 2 の送信波長多重光を送信し、互いに異なる波長を有する複数の主光信号と監視光信号を含む第 1 及び第 2 の受信波長多重光を受信する光伝送装置であって、

前記光伝送装置は、

前記第 1 の受信波長多重光を第 1 の複数の主光信号及び第 1 の監視光信号に分波する第 1 の光分波器と、

少なくとも 2 つの入力端子及び少なくとも 2 つの出力端子を備え、前記第 1 の複数の主光信号の各々が第 1 の入力端子に入力される第 1 の複数の光スイッチと、

該第 1 の複数の光スイッチの第 1 の出力端子の出力光を電気信号に変換し、互いに異なる波長を有する光信号に変換する第 1 の複数の光／光変換器と、

第 1 の光受信端子を介して入力される前記第 1 の受信波長多重光に含まれる前記複数の主光信号の各々の光パワーを監視し、その結果を受信レベル監視信号として出力する第 1 のレベル監視部と、

前記第 1 の受信波長多重光に含まれる前記監視光信号を受信し、前記監視光信号に含まれる第 1 の送信レベル監視信号に基づき生成された第 1 の制御信号を出力する第 1 の監視光信号受信部と、

前記第 2 の受信波長多重光を第 2 の複数の主光信号及び第 2 の監視光信号に分波する第 2 の光分波器と、

少なくとも 2 つの入力端子及び少なくとも 2 つの出力端子を備え、前記第 2 の複数の主光信号の各々が第 1 の入力端子に入力される第 2 の複数の光スイッチと、

該第 2 の複数の光スイッチの第 1 の出力端子の出力光を電気信号に変換し、互いに異なる波長を有する光信号に変換する第 2 の複数の光／光変換器と、

第 2 の光受信端子を介して入力される前記第 2 の受信波長多重光に含まれる前記複数の主光信号の各々の光パワーを監視し、その結果を受信レベル監視信号として出力する第 2 のレベル監視部と、

前記第 2 の受信波長多重光に含まれる前記監視光信号を受信し、前記監視光信号に含まれる第 2 の送信レベル監視信号に基づき生成された第 2 の制御信号を出力する第 2 の監視光信号受信部と、

を備え、

前記第 1 の制御信号に基づき、パワーを調整された前記第 1 の複数の光／光変換器の出力光信号と、前記受信レベル監視信号を含む変調信号により変調を施された前記監視光信号が、前記第 1 の送信波長多重光として第 1 の光送信端子から出力され、

前記第 2 の制御信号に基づき、パワーを調整された前記第 2 の複数の光／光変換器の出力光信号と、前記受信レベル監視信号を含む変調信号により変調を施された前記監視光信号が、前記第 2 の送信波長多重光として第 1 の光送信端子から出力されることを特徴とする光伝送装置。

【請求項 8】 複数の光伝送装置が光伝送路で接続された光伝送システムであって、
前記複数の光伝送装置の各々は、請求項 7 記載の光伝送装置を備えていることを特徴とする光伝送システム。

【請求項 9】 複数の光伝送装置が光伝送路で環状に接続された光伝送システムであって、
前記複数の光伝送装置の各々は、請求項 7 記載の光伝送装置を備え、

該光伝送装置は、さらに、

前記第 1 及び第 2 の複数の光スイッチの第 2 の入力端子及び第 2 の出力端子が、出力端子及び入力端子にそれぞれ接続された光マトリクススイッチを備えていることを特徴とする光伝送システム。

【請求項 10】 光送信器と光受信器の間で伝送される波長多重光を構成する各波長光のパワーを制御する光伝送方法であって、

前記光伝送方法は、

前記光受信器に到来した受信波長多重光を構成する各波長光のパワーを監視する受信パワー監視工程と、

該受信パワー監視工程での監視結果を、監視光信号に格納して前記光送信器に向けて送出する監視結果送出工程と、

前記監視光信号から抽出した前記監視結果に基づき、前記光送信器から送出される送信波長多重光を構成する各波長光のパワーを制御する制御工程とを含むことを特徴とする光伝送方法。

【請求項 11】 請求項 10 記載の光伝送方法であって、

前記光伝送方法は、さらに、

前記送信波長多重光のパワーを各波長毎に監視し、その結果を前記監視結果と比較する送信パワー監視工程を含むことを特徴とする光伝送方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、波長多重光を伝送するための光伝送装置、光伝送システム及び光伝送方法に関し、特に、受信する波長多重光を構成する各波長光のパワーを均一にすることが可能な光伝送装置、光伝送システム及び光伝送方法に関する。

【0002】

【従来の技術】光通信システムのさらなる大容量化を目指して、波長分割多重 (WDM) 伝送技術の開発が活発化している。

【0003】WDM伝送系において、良好な伝送特性を確保するためには、受信端での各波長光のパワーが均一である必要がある。受信光パワーが各波長間で不均一となると、各波長成分に分離する際のクロストーク成分が増大し、受信感度の劣化は避けられない。

【0004】受信光パワーの不均一は、送信側光源の経年劣化、伝送路中に挿入される線形光中継器の波長特性

等により引き起こされる。このため、従来から送信側光源、あるいは線形中継器にて個別に各波長光のパワーレベルを均一化するための方策がとられている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、線形中継器が伝送路中多段に接続されるような場合は、レベル調整を行う回路がその都度必要となり、低コスト化、高信頼化を目指す上での障害となりうる。

【0006】本発明は、受信側で各波長の信号光レベルを監視し、その情報を逆方向の伝送路を介して伝達し、その情報を基に送信側の光出力レベルを補正する事で受信側の入力レベルを均一に保つシステムを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の光伝送装置は、互いに異なる波長を有する少なくとも 1 つの主光信号と監視光信号を含む波長多重光を送受信する光伝送装置であって、光受信端子を介して入力される受信波長多重光に含まれる前記少なくとも 1 つの主光信号の各々の光パワーを監視し、その結果を受信レベル監視信号として出力するレベル監視部と、前記受信波長多重光に含まれる前記監視光信号を受信し、前記監視光信号に含まれる送信レベル監視信号に基づき生成された制御信号を出力する監視光信号受信部と、前記制御信号に基づき各々の光パワーが調整された前記少なくとも 1 つの主光信号、及び前記受信レベル監視信号を含む変調信号により変調を施された前記監視光信号、を含む送信波長多重光を光送信端子から出力する波長多重光源とを備えている。

【0008】ここで、前記監視光信号受信部は、さらに前記送信波長多重光に含まれる前記少なくとも 1 つの主光信号の各々の光パワーを監視し、該光パワーと前記送信レベル監視信号とを比較することが望ましい。

【0009】また、前記変調信号は、データフレームからなり、該データフレームを構成する各タイムスロットに、前記受信レベル監視信号が前記少なくとも 1 つの主光信号毎に格納されるようにしてもよい。

【0010】前記レベル監視部は、前記受信波長多重光を各波長成分に分離する光分波器を備えていてもよい。

【0011】また、本発明の光伝送システムは、第 1 及び第 2 の光伝送装置が光伝送路で接続された光伝送システムであって、前記第 1 及び第 2 の光伝送装置の各々は、上記の光伝送装置を備えている。

【0012】ここで、前記光伝送路は、両端に第 1 及び第 2 の光サーキュレータの第 1 の入出力端子が各々接続された単一の光ファイバ伝送路であって、前記第 1 の光伝送装置の前記光送信端子及び前記光受信端子が、それぞれ前記第 1 の光サーキュレータの第 2 及び第 3 の入出力端子に接続され、前記第 2 の光伝送装置の前記光送信端子及び前記光受信端子が、それぞれ前記第 2 の光サー

キュレータの第2及び第3の入出力端子に接続されていてもよい。

【0013】また、本発明による他の構成の光伝送装置は、互いに異なる波長を有する複数の主光信号と監視光信号を各々含む第1及び第2の送信波長多重光を送信し、互いに異なる波長を有する複数の主光信号と監視光信号を含む第1及び第2の受信波長多重光を受信する光伝送装置であって、前記第1の受信波長多重光を第1の複数の主光信号及び第1の監視光信号に分波する第1の光分波器と、少なくとも2つの入力端子及び少なくとも2つの出力端子を備え、前記第1の複数の主光信号の各々が第1の入力端子に入力される第1の複数の光スイッチと、該第1の複数の光スイッチの第1の出力端子の出力光を電気信号に変換し、互いに異なる波長を有する光信号に変換する第1の複数の光／光変換器と、第1の光受信端子を介して入力される前記第1の受信波長多重光に含まれる前記複数の主光信号の各々の光パワーを監視し、その結果を受信レベル監視信号として出力する第1のレベル監視部と、前記第1の受信波長多重光に含まれる前記監視光信号を受信し、前記監視光信号に含まれる第1の送信レベル監視信号に基づき生成された第1の制御信号を出力する第1の監視光信号受信部と、前記第2の受信波長多重光を第2の複数の主光信号及び第2の監視光信号に分波する第2の光分波器と、少なくとも2つの入力端子及び少なくとも2つの出力端子を備え、前記第2の複数の主光信号の各々が第1の入力端子に入力される第2の複数の光スイッチと、該第2の複数の光スイッチの第1の出力端子の出力光を電気信号に変換し、互いに異なる波長を有する光信号に変換する第2の複数の光／光変換器と、第2の光受信端子を介して入力される前記第2の受信波長多重光に含まれる前記複数の主光信号の各々の光パワーを監視し、その結果を受信レベル監視信号として出力する第2のレベル監視部と、前記第2の受信波長多重光に含まれる前記監視光信号を受信し、前記監視光信号に含まれる第2の送信レベル監視信号に基づき生成された第2の制御信号を出力する第2の監視光信号受信部とを備え、前記第1の制御信号に基づき、パワーを調整された前記第1の複数の光／光変換器の出力光信号と、前記受信レベル監視信号を含む変調信号により変調を施された前記監視光信号が、前記第1の送信波長多重光として第1の光送信端子から出力され、前記第2の制御信号に基づき、パワーを調整された前記第2の複数の光／光変換器の出力光信号と、前記受信レベル監視信号を含む変調信号により変調を施された前記監視光信号が、前記第2の送信波長多重光として第1の光送信端子から出力される。

【0014】また、本発明の第2の構成の光伝送システムは、複数の光伝送装置が光伝送路で接続された光伝送システムであって、前記複数の光伝送装置の各々は、上記他の構成の光伝送装置を備えている。

【0015】本発明の第3の構成の光伝送システムは、複数の光伝送装置が光伝送路で環状に接続された光伝送システムであって、前記複数の光伝送装置の各々は、上記他の構成の光伝送装置を備え、該光伝送装置は、さらに、前記第1及び第2の複数の光スイッチの第2の入力端子及び第2の出力端子が、出力端子及び入力端子にそれぞれ接続された光マトリクススイッチを備えている。

【0016】本発明の光伝送方法は、光送信器と光受信器の間で伝送される波長多重光を構成する各波長光のパワーを制御する光伝送方法であって、前記光受信器に到来した受信波長多重光を構成する各波長光のパワーを監視する受信パワー監視工程と、該受信パワー監視工程での監視結果を、監視光信号に格納して前記光送信器に向けて送出する監視結果送出工程と、前記監視光信号から抽出した前記監視結果に基づき、前記光送信器から送出される送信波長多重光を構成する各波長光のパワーを制御する制御工程とを含んでいる。

【0017】さらに、前記送信波長多重光のパワーを各波長毎に監視し、その結果を前記監視結果と比較する送信パワー監視工程を含んでもよい。

【0018】上述したように、本発明の光伝送装置及び方法並びに光伝送システムでは、受信した波長多重光を構成する各主光信号のパワーを監視し、その結果を監視光信号に搭載して他の光伝送装置へ送出している。さらに、この他の光伝送装置から受信した監視光信号に基づき、送出する波長多重光の各主信号のパワーレベルを設定している。このような構成を採用したことにより、受信側での受信パワーが所定のレベルとなるように送信波長多重光の各主光信号のレベルを設定することが可能となり、受信端での良好な受信特性の確保が期待できる。

【0019】

【発明の実施の形態】本発明の光伝送装置及び光伝送システムの構成及びその動作を図1乃至図9を用いて説明する。

【0020】図1は本発明の原理的な構成を示したものである。図1に示す本発明の光伝送システムは、WDM光送受信装置1、2が光伝送路14、15を介して接続された構成を有している。

【0021】WDM光送受信装置1、2は、WDM光送信器3及びWDM光受信器4で構成される。ここで、WDM光送信器3は、レベル監視光信号送信部8と光波長多重部9を有している。また、WDM光受信器4は、光波長分離部10とWDM光受信部11とレベル監視光信号受信部12とレベル監視処理部13を有している。

【0022】WDM光送信器3からは、複数の互いに異なる波長を有する光信号が、波長分割多重されて出力される。出力された波長多重光信号は、光伝送路14を伝搬し、WDM光送受信装置2のWDM光受信器5へ入力される。WDM光受信器5へ入力された波長多重光信号

は、まず、光波長分離部 16 で各波長成分に分離される。分離された各波長光のパワーレベルはレベル監視処理部 19 でモニタされる。検出された光パワーレベルは、基準レベルと比較され、両者の差が誤差信号として、レベル監視部 19 から出力される。なお、この誤差信号は、後の処理の便宜のため、A/D 変換を施してから出力される。

【0023】出力された誤差信号は、WDM 光送信器 6 のレベル監視光信号送信部 21 へ入力される。監視信号送信部 21 では、デジタル誤差信号を基にフレームを構成する。このフレーム構成の信号で、WDM 主光信号波長 ($\lambda_1 \sim \lambda_n$) とは異なる波長 (λ_{sv}) の光を変調し、監視用の光信号を生成する。光波長多重部 22 では、WDM 光送信部からの主信号と前記レベル監視光信号送信部 21 からの監視用光信号を波長多重して光伝送路 15 に送出する。

【0024】光伝送路 15 を伝搬した波長多重光は、WDM 光受信装置 1 の WDM 光受信器 4 へ入力される。WDM 光受信器 4 の光波長分離部 10 では、入力された波長多重光を、各 WDM 主信号 ($\lambda_1 \sim \lambda_n$) 及び監視用光信号 (λ_{sv}) に分離する。監視用光信号は、レベル監視光信号受信部 12 で受信され、誤差信号が抽出される。この誤差信号は、WDM 光送信器 3 内の WDM 光送信部 7 へ入力され、誤差が解消されるように各波長の出力光のレベルを調整する。なお、この制御は定期的に行う。以上は WDM 光送受信装置 1 から WDM 光送受信装置 2 への光伝送についての光パワー調整を行う場合につき説明したが、逆方向の伝送に関しても同様のプロセスで調整する。このような調整を施すことにより、各 WDM 光送信器や線形中継器毎に、高精度のパワーレベル均一化制御を施さなくても、WDM 光受信器では各波長の入力パワーレベルが均一に保たれ、良好な受信特性が得られる。

【0025】図 2 に、本発明のより具体的な構成を示す。図 2 では、図 1 と同様、point-to-point 伝送を行う WDM 光伝送系を想定している。

【0026】図 2 に示す光伝送系は、同じ機能を有する 2 つの光伝送装置、すなわち、WDM 光送受信装置 23 及び 24 が、光伝送路 42 ~ 47 と線形光中継器 48 ~ 51 を介して相互接続された構成を有している。このように接続された WDM 光送受信装置 23 及び 24 は双方向伝送を行っている。

【0027】ここで、WDM 光送受信装置 23 は、WDM 光送信器 25、WDM 光受信器 26、レベル処理部 41 から構成される。さらに、WDM 光送信器 25 は、WDM 光送信部 29、レベル監視光信号送信部 30、光波長多重部 32、光直接増幅部 33、光分岐器 31-1 ~ 31-n、及びレベル監視部 34 を有している。

【0028】ここで、WDM 光送信部 29 は、互いにことなる波長を有する信号光から成る WDM 主光信号を生

成する。レベル監視光信号送信部 30 は、WDM 主光信号のパワーレベルに関する情報を伝送するために用いるレベル監視光信号を生成する。なお、レベル監視光信号の波長としては、WDM 主光信号の波長とは異なるものを選択する。光波長多重部 32 は、WDM 光送信部 29 及びレベル監視光信号送信部 30 からの信号光を光波長多重する。光直接増幅部 33 は、光波長多重部 32 からの WDM 信号光を増幅する。光分岐器 31-1 ~ 31-n は、WDM 光送信部 29 からの出力光の各々を、パワーレベル監視用に一部分岐する。レベル監視部 34 は、光分岐器 31-1 ~ 31-n で分岐された光の各々のパワーを検出する。

【0029】また、WDM 光受信器 26 は、光直接増幅部 35、光波長分離部 36、WDM 光受信部 38、レベル監視光信号受信部 39、レベル監視部 40 を有している。

【0030】光直接増幅部 35 は、対向する WDM 光送受信装置 24 から伝送された WDM 信号光を増幅する。光波長分離部 36 は、光直接増幅部 35 からの WDM 信号光を各波長毎に分離する。WDM 光受信部 38 は、光波長分離部 36 から出力された WDM 主光信号の各々を受信する。レベル監視光信号受信部 39 は、光波長分離部 36 から出力されたレベル監視光信号を受信する。光分岐器 37-1 ~ 37-n は、光波長分離部 36 からの WDM 主光信号の各々を、パワーレベル監視用に一部分岐する。レベル監視部 40 は、光分岐器 37-1 ~ 37-n で分岐された光のパワーレベルを検出する。レベル処理部 41 には、レベル監視部 34 から自装置の WDM 主信号送信レベルの情報が、また、レベル監視光信号受信部 39 からは対向装置から受信した WDM 主信号のパワーレベルの情報が各々入力される。レベル処理部 41 では、これらの入力情報に基づき、受信側の WDM 主信号を構成する各波長光のパワーレベルを均一化するための制御信号を生成し、WDM 光送信部 29 に供給する。

【0031】図 2 において、WDM 光送受信装置 23 から出力された WDM 信号光は、光伝送路 42 ~ 44、線形光中継器 48、49 を経由して、対向する WDM 光送受信装置 24 の WDM 光受信器 27 へ入力される。WDM 光受信器 27 に入力された WDM 信号光は、光直接増幅部 52 で増幅された後、光波長分離部 53 で各波長光に分離される。分離された各波長の信号光は、光分岐器 54-1 ~ 54-n によって分岐され、一方は WDM 光受信部 55 へ、他方はレベル監視光信号受信部 57 へ入力される。

【0032】図 3 に、レベル監視光信号受信部 57 の構成を示す。図 3 において、各波長のモニタ信号光は、光検出器 301-1 ~ 301-n で電流信号に変換される。これら電流信号は、電流電圧変換部 65-1 ~ 65-n で電圧信号に変換された後、AD 変換部 66-1 ~ 66-n でアナログ信号からデジタル信号に変換され

る。AD変換部66-1~66-nから出力されたデジタル信号である受信レベル監視情報は、レベル比較部68で基準レベル発生部67から供給される制御目標と比較され、両者の差であるレベル誤差データを算出する。このレベル誤差データは、データフレームに格納されて、WDM光送信器28のレベル監視光信号送信部59へ送出される。レベル比較部68からは、この他、上記受信レベル監視情報がそのまま出力され、これもデータフレームに格納される。

【0033】図4に、図3の前記レベル比較部67から出力されるデータフレームの構成を示す。受信された各波長の受信レベル監視情報および誤差情報は、デジタルデータとして（図4では2バイトデータ）1フレーム内に挿入される。図2において、レベル監視光信号送信部59ではレベル監視光信号受信部57から受信したレベル監視情報を入力し、WDM主光信号波長とは異なる波長のレベル監視光信号が生成される。光波長多重部61ではWDM光送信部58からのWDM主光信号と前記レベル監視光信号送信部59からのレベル監視光信号を波長多重し、光直接増幅部62へ出力する。光直接増幅部62は入力されたWDM信号光を増幅し、光伝送路45~47、線形中継器50~51を介して対向側のWDM光送受信装置23へ出力する。

【0034】WDM光送受信装置23のWDM光受信器26は、光伝送路47から入力されたWDM信号光を受信し、光直接増幅部35にて増幅後、光波長分離部36でWDM主信号を構成する各波長光及びレベル監視光信号に分離する。このうちレベル監視光信号は、レベル監視光信号受信部39にて受信される。レベル監視光信号受信部39では、レベル監視情報が抽出され、レベル処理部41へ出力される。

【0035】一方、WDM光送信器25のWDM光送信部29から出力されるWDM主光信号は、光分岐器31-1~31-nでその一部が分岐され、レベル監視部34に分岐光が供給される。レベル監視部34では、各波長の出力信号光パワーレベルを監視し、その結果をレベル監視情報としてレベル処理部41へ出力する。

【0036】レベル処理部41には、各波長の送信光パワーレベルと、図4に示したような、対向側での各波長の受信レベル監視情報及び対向側での基準受光レベルとの誤差情報が入力される。このうち、受信側基準受光レベルとの誤差情報に基づき、受信側での誤差信号が、“誤差=0”に対応するものとなるように定期的に（連続的にではなく）前記WDM光送信部29のWDM主光信号パワーレベルの調節を行う。また、各波長の送信光パワーレベルと対向側での各波長の受信レベル監視情報の比を求めることにより、WDM光送信部29からWDM光受信部55までのトータルゲインを知ることができ、WDM送受信装置23から24に至る伝送系に挿入された光コンポーネント（光直接増幅部、光波長多重

部、光多重分離部等）の波長特性が経年劣化した場合、トータルゲインの変動となって現れる。従って、トータルゲインを監視することにより、光コンポーネントの劣化が検出できる。この検出結果を用いれば、光伝送系が完全に断となる前に、劣化した光コンポーネントの交換する等の対策を施すことが可能となるため、伝送系の保守を行う上でも有効である。

【0037】図5に、本実施例の動作を説明するためのレベルダイヤを示す。図5の上半分は、本実施例のパワーレベルの制御を施さない従来技術による伝送を行った場合、図5の下半分は、本実施例による制御を施した場合である。図5においては、WDM主光信号を構成する波長光の数を4と仮定している。

【0038】図5の上半分に示すように、従来技術においては、通常各波長光のパワーレベルを、WDM光送信部29から送出される際に、全て等しく、例えば0dBm均一に設定される。この状態で出力されたWDM主光信号は、光直接増幅部33、光伝送路42~44、線形光中継器48~49を経由すると波長に対するパワーレベル偏差が生じ、光波長分離部53の出力では、各波長とも所望の基準レベルからのずれが大きくなる。

【0039】これに対し、本実施例では、受信側のWDM光受信部55の入力端における各波長光のパワーレベルを、レベル監視光信号に搭載して送信側にフィードバックしている。この情報に基づき、送信側では送信するWDM主光信号の各波長のパワーレベルを適宜調整し、受信端で均一となるようにしている。この状態は図5の下部のレベルダイヤが示している。このようにして、送信側光源の経年劣化、線形光中継器の波長特性等による受信端での入力パワーレベル変動を吸収し、受信パワーレベルを均一化することが可能となる。

【0040】なお、上記の本実施例では、2つのWDM光送受信装置23、24を2系統の光伝送路で接続する構成につき説明した。しかし、光伝送路の構成はこれに限られるものではなく、例えば図6に示すように1系統の光伝送路で接続した構成を採用してもよい。この構成では、2方向の光信号を光伝送路とWDM光送受信装置の間に設けた光サーキュレータ601、602を使って合流、分岐している。このような構成を用いることにより、光伝送路を半減することができ、低コスト化、高信頼化を目指すに際し、より好ましい結果をもたらすことが期待できる。また、WDM光送信器から送出される光信号の個数も複数個に限られず、1つであってもかまわない。この場合は、WDM送信部に代えて単波長光源を用いればよい。

【0041】次に、本発明の第2の実施例につき説明する。図7に、第2の実施例による光ADM装置の構成を、また図8に本ADM装置を用いて構成した光ADM機能付きpoint-to-pointのWDM伝送システムを示す。

【0042】図7の光ADM装置は、同様の機能を有する2つの光ADM部70、71と、レベル調整部98、99から構成される。

【0043】ここで、光ADM部70は、光直接増幅部72、光波長分離部73、OE/EO部75、レベル監視光信号受信部79、2X2光スイッチ78-1~78-n、OE/EO部79、光波長多重部82、光直接増幅部83、光分岐器74-1~74-n、レベル監視部77、光分岐器81-1~81-n、レベル監視部84から構成される。

【0044】光直接増幅部72は、入力されるWDM信号光を増幅する。光波長分離部73は、光直接増幅部72から出力されるWDM信号光を各波長光に分離する。OE/EO部75は、光波長分離部73からのWDM主光信号を一旦光/電気変換し、引き続き電気/光変換する。レベル監視光信号受信部79は、光波長分離部73から出力されるレベル監視光信号を受信する。2X2光スイッチ78-1~78-nは、OE/EO部75から出力されるWDM主光信号を、外部から入力される制御信号に基づきドロップし、別の光信号を挿入する。OE/EO部79は、2X2光スイッチ78-1~78-nから出力されるWDM主光信号の各波長光を、光/電気変換し、引き続き電気/光変換する。光波長多重部82は、OE/EO部79からのWDM主光信号およびレベル監視光信号送信部80からのレベル監視光信号を波長多重する。光直接増幅部83は、光波長多重部82からのWDM信号光を増幅する。光分岐器74-1~74-nは、光波長分離部73からのWDM主光信号の一部をパワーレベルの監視用に分岐する。レベル監視部77は、光分岐器74-1~74-nから出力されるモニタ光より各波長の受信レベルを検出する。光分岐器81-1~81-nは、OE/EO部79から出力されるWDM主光信号をパワーレベルの監視用に一部分岐する。レベル監視部84は、光分岐器81-1~81-nから出力されるモニタ光より各波長の受信レベルを検出する。

【0045】また、レベル処理部98は、光ADM部70のレベル監視光信号受信部76から供給される対向側でのWDM主光信号の受信パワーレベルと基準レベルとの誤差情報に基づき、光ADM部71のOE/EO部92の各波長の出力パワーレベルの調整を行う。また、光ADM部71のレベル監視部97から供給される送信光パワーレベルと、レベル監視光信号受信部76から供給される対向側での受信パワーレベルから、対向側との送受信間トータルゲインがわかり、その間に含まれる光コンポーネントの経年劣化の検出に用いることができる。

【0046】同様に、レベル処理部99は、光ADM部71のレベル監視光信号受信部89から供給される対向側でのWDM主光信号の受信パワーレベルと基準レベルとの誤差情報に基づき、光ADM部70のOE/EO部79の各波長の出力レベルの調整を行う。また、光AD

M部70のレベル監視部84から供給される送信光パワーレベルと、レベル監視光信号受信部89から供給される対向側での受信パワーレベルから、対向側との送受信間トータルゲインがわかり、その間に含まれる光コンポーネントの経年劣化の検出に用いることができる。

【0047】以上の光ADM装置は、図8のWDM光伝送システムを構成する光ADM装置108~110として用いられる。これらの光ADM装置は、図8に示すように、WDM端局装置100とWDM端局装置101の間で光伝送路102~107を介して相互に接続され、WDM光信号を双方向に伝送する。本実施例でも、第1の実施例と同様に、パワーレベルの受信端での均一化制御が行われる。本実施例では、この制御は隣接する光ADM装置相互の間で行われる。例えば、図8の2つの光ADM装置108、109を例にとると、以下のようになる。すなわち、光ADM装置108から送出されたWDM信号光は光ADM装置109に入力され、光波長分離部73で波長毎に分離される。このうち、レベル監視光信号に格納されたレベルデータ（光ADM装置108における、WDM光信号の受信パワーレベル）は、レベル処理部98に送られ、OE/EO部92の出力光パワーの制御に用いられる。この際、光ADM装置108での各波長光の受信パワーレベルが均一になるように制御が施される。一方、光ADM装置108から光ADM装置109が受信したWDM光信号の各波長のパワーレベルは、レベル監視部77で検出され、レベル監視光信号送信部93で、監視光信号に格納されて、光ADM装置108に送られ、光ADM装置において、WDM主光信号のパワーレベルの制御に用いられる。

【0048】このように、本実施例においても、WDM伝送系におけるWDM主光信号のパワーレベルを、各受信端で均一化することが可能となっている。

【0049】次に、本発明の第3の実施例につき説明する。図9に、本実施例によるWDM光ADMリングシステムの構成を示す。本実施例では、図7に示す光ADM部70、71と同様の機能を有する光ADM部118、119と、図7のレベル処理部98、99と同様の機能を有するレベル処理部120、121と、光ADM部118、119の分離/挿入信号光を任意に切り替える光マトリックススイッチ122で構成される光ADMノードが伝送路127~138を介して他の光ADMノード123~126とリング状に相互に接続され、WDM光信号を双方向に伝送している。本実施例でも、第2の実施例と同様に、隣接する2つの光ADMノードの間で、WDM光信号のパワーレベルを互いに制御することにより、各々の受信端での各波長のパワーレベルを均一化することが可能となっている。

【0050】

【発明の効果】以上説明したように、本発明では、受信側で各波長の信号光パワーレベルを監視し、その情報を

逆方向の伝送路を介して、送信側に伝達し、その情報を基に送信側では送出する光出力パワーレベルを補正しており、このような構成を採用したことにより受信側に到来するWDM光信号の各波長のパワーレベルを均一に保つことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明による光伝送システムの原理的な構成を表す図である。

【図 2】 本発明の第 1 の実施例による光伝送システムの構成を表す図である。

【図 3】 図 2 の光伝送システムで用いるレベル監視光信号受信部の構成を表す図である。

【図 4】 図 2 の光伝送システムで用いる受信パワーレベルに関するデータを格納するデータフレームの構成を表す図である。

【図 5】 光伝送システムのレベルダイヤを表す図である。

【図 6】 本発明の第 1 の実施例による光伝送システムの他の構成を表す図である。

【図 7】 本発明の第 2 の実施例による光 ADM 装置の構成を表す図である。

【図 8】 本発明の第 2 の実施例による光伝送システムの構成を表す図である。

【図 9】 本発明の第 3 の実施例による光伝送システムの構成を表す図である。

【符号の説明】

- 1、2、23、24：WDM光送受信装置
- 3、6、25、28：WDM光送信器
- 4、5、26、27：WDM光受信器
- 7、20、29、58：WDM光送信部
- 8、21、30、59：レベル監視光信号送信部
- 9、22、32、61：光波長多重部
- 10、16、36、53：光波長分離部
- 11、17、38、55：WDM光受信部
- 12、18、39、56：レベル監視光信号受信部

13、19：レベル監視処理部

14、15、42、43、44、45、46、47：光伝送路

31-1~n、37-1~n、54-1~n、60-1~n：光分岐器

33、35、48、49、50、51、52、62：光直接増幅部

34、40、57、63：レベル監視部

41、64：レベル処理部

10 65-1~n：電流電圧変換部

66-1~n：AD変換部

67：基準レベル発生部

68：レベル比較部

301-1~n：光検出器

70、71：光ADM部

98、99：レベル調整部

72、83：光直接増幅部

73：光波長分離部

75：OE/EO部

20 79：レベル監視光信号受信部

78-1~n：2X2光スイッチ

79：OE/EO部

82：光波長多重部

74-1~n、81-1~n：光分岐器

77：レベル監視部

84：レベル監視部

108~110：光ADM装置

100、101：WDM端局装置

102~107：光伝送路

30 118、119：光ADM部

120、121：レベル処理部

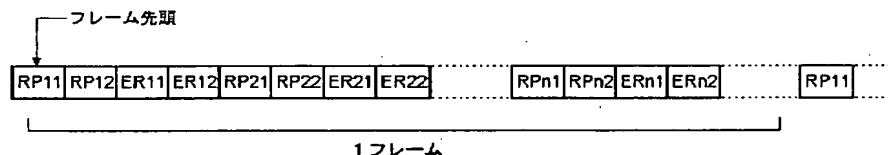
122：光マトリックススイッチ

127~138：光伝送路

117、123~126：光ADMノード

601、602：光サーキュレータ

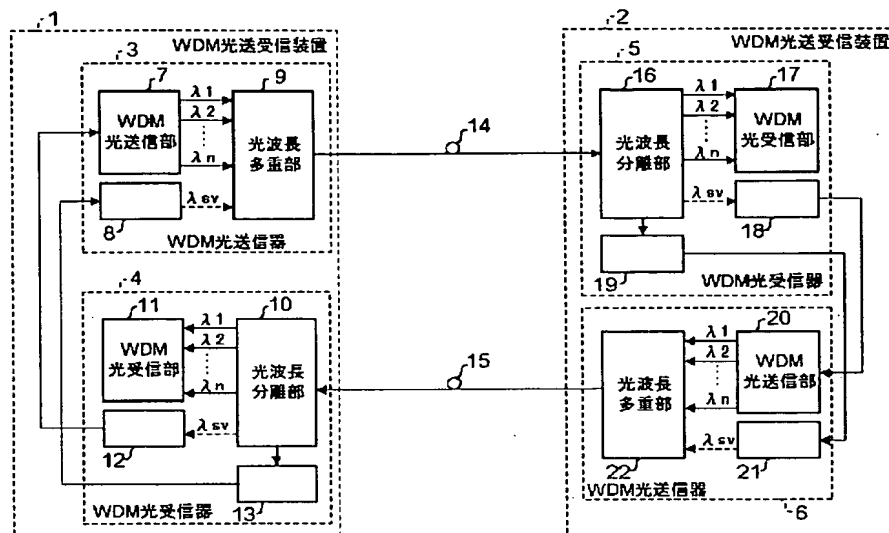
【図 4】



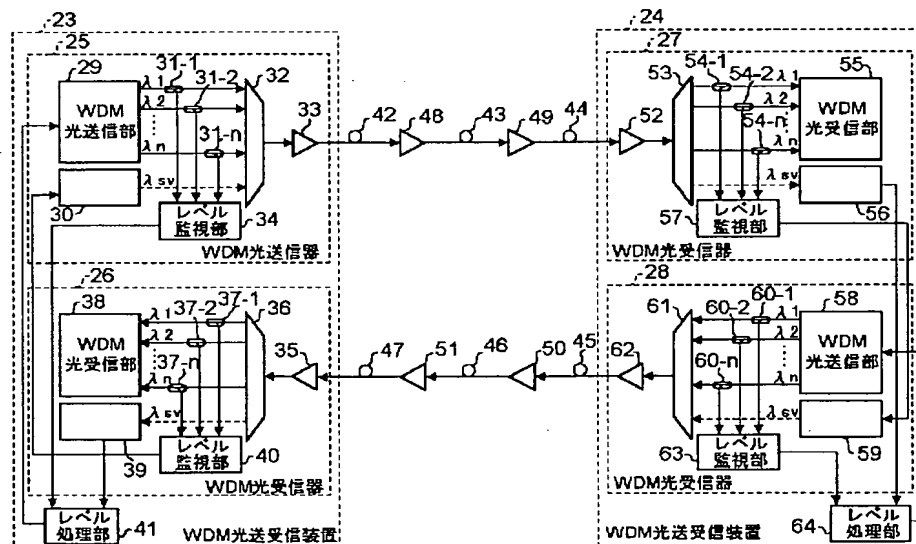
RP11: i 受信レベル (1 バイト目)
 RP12: i 受信レベル (2 バイト目)
 ER11: i 誤差信号 (1 バイト目)
 ER12: i 誤差信号 (2 バイト目)

($i=1, 2, \dots, n$)

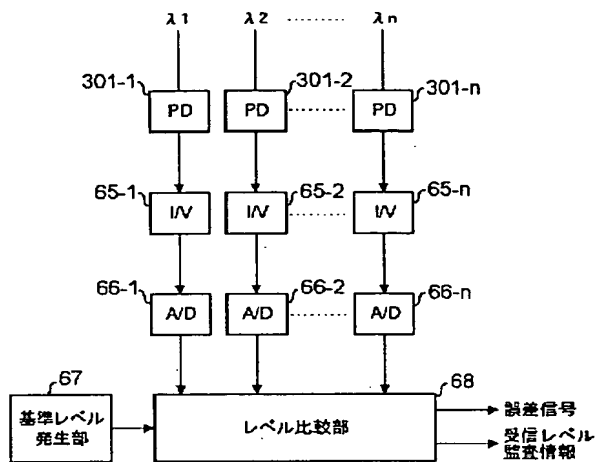
【図 1】



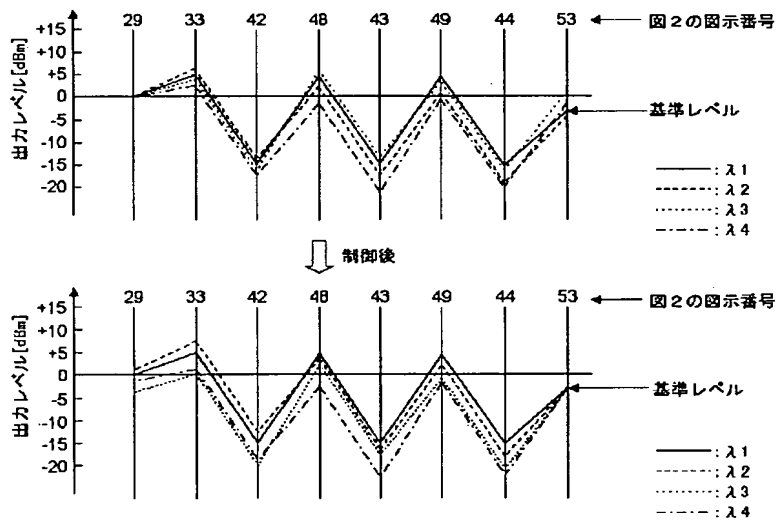
【図 2】



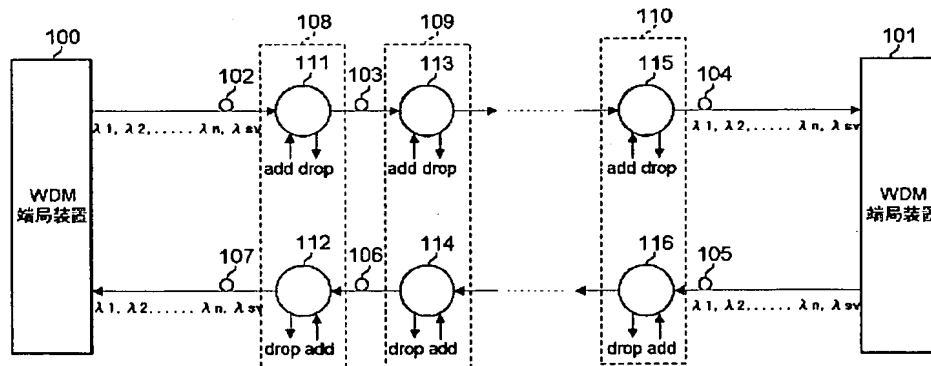
【図 3】



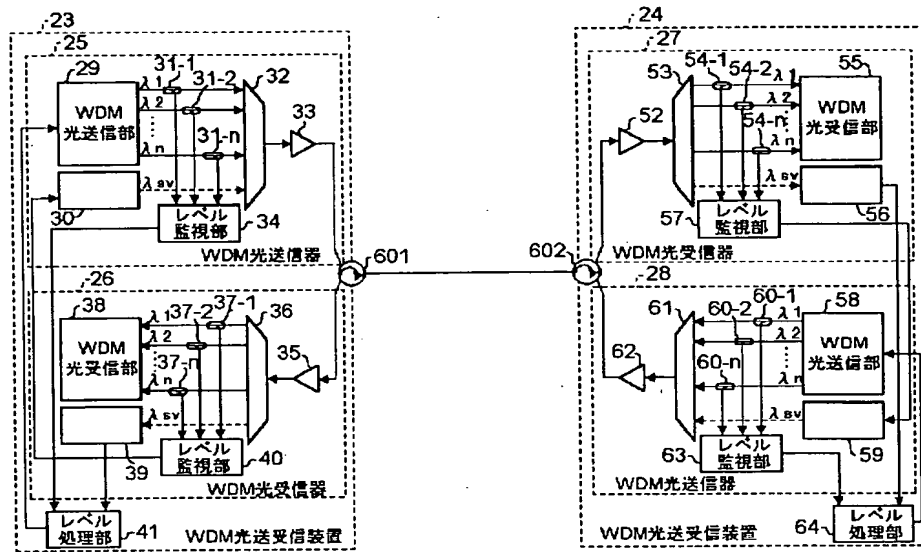
【図 5】



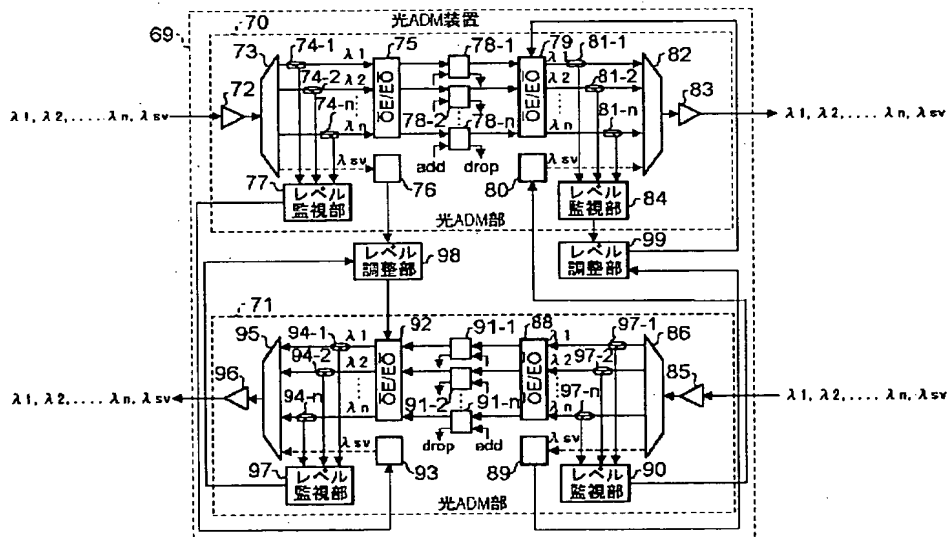
【図 8】



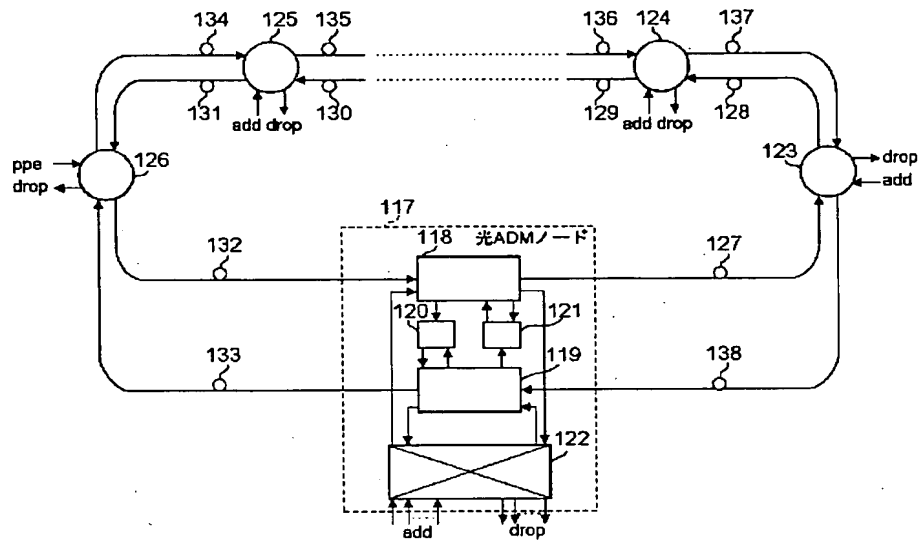
【図 6】



【図 7】



【図 9】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷

識別記号

F I

テーマコード (参考)

H 0 4 L 12/42

F ターム (参考) 5K002 AA05 BA02 BA05 BA06 CA08
CA09 DA02 DA04 DA11 DA42
EA05 FA01
5K031 AA06 AA07 CA15 CC04 DA02
DA19 EA11 EA12
5K042 AA08 BA02 CA10 CA13 CA16
DA16 EA02 FA21 GA01 JA01
LA13 LA14 MA01 NA04